

รายการอ้างอิง

1. Liu, G.H., Wong, Y.S., Zhang, Y.F., and Loh, H.T. 2003. Modelling cloud data for prototype manufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*. (2003): 53-57.
2. Zhang, Y.F., Wong, Y.S., Loh, H.T., and Wu, Y.F. 2003. An adaptive slicing approach to modeling cloud data for rapid prototyping. *Journal of Material Processing Technology*. (2003): 105-109.
3. Wu, Y.F., Wong, Y.S., Loh, H.T., and Zhang, Y.F. 2004. Modelling cloud data using an adaptive slicing approach. *Computer-Aided Design*. (2004): 213-240.
4. Edelsbrunner, H., and Mücke, E.P. Three-dimensional Alpha Shapes. *ACM Transactions on Graphics*. 13, 1(January, 1994): 43-72.
5. Attali, D. r-Regular Shape Reconstruction from Unorganized Points.
6. Amenta, N., Bern, M., and Kamvysselis, M. 1998. A New Voronoi-Based Surface Reconstruction Algorithm. *SIGGRAPH'98 Proceedings Conference*. (1998): 415-421.
7. Hoppe, H., Derose, T., Duchamp, T., McDonald, J., and Stuetzle, W. Mesh Optimization. *SIGGRAPH'93 Proceedings Conference*. (1993): 19-26.
8. Hoppe, H., Derose, T., Duchamp, T., McDonald, J., and Stuetzle, W. 1992. Surface Reconstruction from Unorganized Points. *SIGGRAPH'92 Proceedings Conference*. (1992): 71-78.
9. Curless, B., and Levoy, M. 1996. A volumetric method for building complex models from range images. *SIGGRAPH'96 Conference Proceedings*. (1996): 303-312.
10. Yu, Y. 1999. Surface Reconstruction from Unorganized Points Using Self-Organizing Neural Networks. *IEEE Visualization 99 Proceedings Conference*. (1999): 61-64.

11. Hoffmann, M. 2000. Numerical Control of Kohonen Neural Network for Scattered Data Approximation.
12. Turhan(Tury) Taner, M., Rock Solid Images. 1997. Kohonen's Self Organizing Networks with "Conscience".(November, 1997):1-7
13. Fritzke, B. 1993. Kohonen Feature Maps and Growing Cell Structures – A Performance Comparison. *Advances in Neural Information Processing Systems-5-(NIPS-92)*. C.L. Giles, S.J. Hanson, and J.D. Cowan, eds.
14. Fritzke, B. 1996. Growing Self-Organizing Networks – why?. *ESANN'96: European Symposium on Artificial Neural Networks*. (1996): 61-72.
15. Fritzke, B. 1991. Unsupervised Clustering with Growing Cell Structures. *Proceeding of The IJCNN-91 Seattle* , 1991
16. Fritzke, B. 1993. Growing Self-Organizing Network for Unsupervised and Supervised Learning. *Technical Report ICSTR-93-026, International Computer Science Institute, Berkeley*. (May, 1993).
17. Ivriissimtzis, I., Jeong, W., and Seidel, H. 2003. Using Growing Cell Structures for Surface Reconstruction. *Proceedings of the Shape Modeling International*. (12-15, May, 2003): 78-86.
18. Kawahara, S., and Saito, T. 1996. On A Novel Adaptive Self-Organizing Network. *CNNA '96, Fourth IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and Their Applications*. (24-26, June, 1996): 41-46.
19. Song, H., and Lee, S. 1998. A Self-Organizing Neural Tree for Large Set Pattern Classification. *IEEE Trans. Neural Networks*. 9, 3(May, 1998).
20. Mangiameli, P., Chen, S., and West, D. 1996. A Comparison of SOM Neural Network and Hierarchical Clustering Methods. *European j. Operational Research*. 93(1996): 402-417.

21. Hodge, V., and Austin, J. 2001. Hierarchical Growing Cell Structures: TreeGCS. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 13, 2(2001): 207-218.
22. Burzevski, V., Mohan, C. K. 1996. Hierarchical Growing Cell Structures. *IEEE International Conference, Neural Network*. 3(3-6, June, 1996): 1658-1663.
23. Azuaje, F., Dubitzky, W., Black, N., and Adamson, K. 2000. Discovering Relevance Knowledge in Data: A Growing Cell Structures Approach. *Systems, Man and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions*. 30, 3(2000): 448-460.
24. Sangveraphunsiri, V. 2000. Information technology for Innovation of Manufacturing. *Proceeding of Asian Academy Seminar on Advanced Manufacturing system*, Hyderabad, India. (Dec, 2000).
25. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ, ธิตินพล ศรีธธาพร. การพัฒนาสถานะการทำงานบนเครือข่ายสำหรับระบบปฏิบัติการระยะไกลบนอินเทอร์เน็ตเพื่อระบบการผลิต. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 14, 2543.
26. ปัญญา ศิประเสริฐกุล, วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ. อุปกรณ์วัดพิทช์ 3 มิติที่ใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานที่มีพื้นผิวต่อเนื่องและโปรแกรมเชื่อมโยงกับ CATIA. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 13, 2542.
27. นพศักดิ์ ณรงค์ฤกษ์นาวิน. เครื่องวัดพิทช์ 3 มิติ แบบใช้แถบแสงเลเซอร์และกล้องตัวเดียว. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
28. Python Homepage, www.python.org
29. Blender Homepage, www.blender.org
30. Sangveraphunsiri, V., and Uttamang, K. 2003. Development of A 3-D Solid Modeling System Based on The Parasolid Kernel. *The 12th International Pacific Conference on Automotive Engineering, IPC-12*, Bangkok, Thailand. (1-4, April, 2003).

31. Bosch, J.A. 1995. *Coordinate Measuring Machines and Systems*. New York: Marcel Dekker, 1995.
32. Tsai, R.Y. 1987. A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf tv cameras and lenses. *IEEE Journal of Robotics and Automation*. 3,4(Aug,1987): 323-344.
33. Trucco, E., and Verri, A. 1998. *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision*. Prentice Hall, 1998.
34. Jain, R., Kasturi, R., and Schunck, B. 1995. *Machine Vision*. McGraw-Hill, 1995.
35. Gonzalez, R.C., and Woods, R.E. 1992. *Digital image processing*. Addison-Wesley, 1992.
36. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ. *การควบคุมระบบพลศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รูปแบบข้อมูลของแบบจำลอง STL

ก.1. ความหมายของรูปแบบข้อมูล STL

รูปแบบไฟล์เป็นรูปแบบการสื่อสารข้อมูลมาตรฐานดีเฟคโตของอุตสาหกรรมทางด้านการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว (Rapid Prototyping Industry's Defacto Standard Data Transmission Format) โดยจุดประสงค์เริ่มต้น คือ ต้องการนำรูปแบบข้อมูล STL มาใช้เป็นข้อมูลมาตรฐานสำหรับใช้งานกับเครื่องสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว (Rapid Prototyping Machines) หรือ (Stereolithography Machines) โดยสเตอริโอลิโทกราฟี (Stereolithography) มีความหมายว่าเป็นการสร้างแบบจำลอง 3 มิติทางกายภาพของชิ้นงานด้วยการเพิ่มเนื้อวัสดุชั้นทีละชั้นเลเยอร์ (Layer) ไฟล์นี้จะมีนามสกุล คือ *.stl ซึ่งไฟล์นี้จะบรรจุข้อมูลที่อธิบายแบบจำลอง 3 มิติ ด้วยข้อมูลที่เกิดจากการประมาณผิวด้วยผิวระนาบสามเหลี่ยม โดยจุดปลายของผิวระนาบสามเหลี่ยมจะถูกเรียงอันดับในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาเมื่อสังเกตจากผิวด้านนอก และเวกเตอร์ตั้งฉากกับผิวสามเหลี่ยมก็จะเกิดขึ้นด้วย และในปัจจุบันนี้รูปแบบข้อมูล STL ได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย โปรแกรมประยุกต์ใช้งานต่างๆ ที่มีขายตามท้องตลาด สามารถใช้รูปแบบไฟล์ STL ได้

ก.2. ตัวอย่างรูปแบบไฟล์ STL

ไฟล์เริ่มต้นด้วยการบันทึกของข้อมูลด้วยคำว่า solid และชื่อของชิ้นงาน และจบด้วย endsolid โดยแต่ละผิวสามเหลี่ยมเริ่มต้นจะบันทึกด้วยคำว่า facet และ จบด้วยคำว่า endfacet โดยเวกเตอร์ตั้งฉากจะร่วมอยู่ในส่วนการบันทึกข้อมูลในส่วนของ facet และจะต้องระบุด้วยคีย์เวิร์ด (Keyword) ว่า normal และเวกเตอร์ตั้งฉากนี้ควรมีขนาด 1 หน่วย และส่วนของ 3 จุดปลาย (Vertices) จะบันทึกอยู่ในส่วนของ outer loop และจบด้วย endloop และแต่ละจุดปลายจะถูกบันทึกโดยใช้คำว่า vertex ซึ่งจะเป็นจุดพิกัด 3 มิติ

ตัวอย่างไฟล์ STL ของรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ :

```
solid cube_corner
  facet normal 0.0 -1.0 0.0
    outer loop
      vertex 0.0 0.0 0.0
      vertex 1.0 0.0 0.0
      vertex 0.0 0.0 1.0
    endloop
  endfacet
```

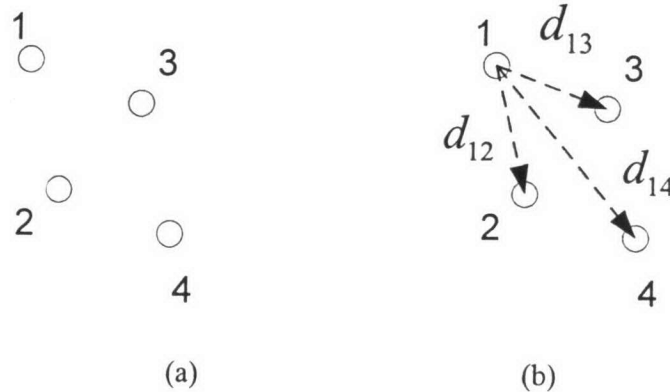
```
facet normal 0.0 0.0 -1.0
  outer loop
    vertex 0.0 0.0 0.0
    vertex 0.0 1.0 0.0
    vertex 1.0 0.0 0.0
  endloop
endfacet
facet normal 0.0 0.0 -1.0
  outer loop
    vertex 0.0 0.0 0.0
    vertex 0.0 0.0 1.0
    vertex 0.0 1.0 0.0
  endloop
endfacet
facet normal 0.577 0.577 0.577
  outer loop
    vertex 1.0 0.0 0.0
    vertex 0.0 1.0 0.0
    vertex 0.0 0.0 1.0
  endloop
endfacet
endsolid
```

ภาคผนวก ข

แนวคิดการจัดการและคัดแยกข้อมูลจุดของผิววัตถุ

ข.1. แนวคิดการคัดแยกข้อมูลจุดเข้าสู่พาร์ติชันเดียวกัน

กำหนดให้ว่า ข้อมูลจุดของผิววัตถุ (Point Cloud) มี 4 จุด มีการกระจายตัวของข้อมูลจุดดังรูปที่ ข.1 (a) และค่าจำกัดความยาวของระยะทาง คือ ρ



รูปที่ ข.1 ข้อมูลจุดสำหรับการคัดแยกเข้าสู่พาร์ติชันเดียวกัน

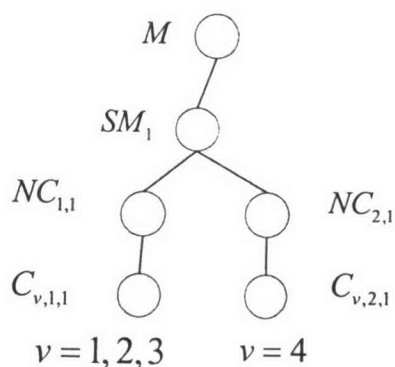
การคำนวณระยะทางระหว่างแต่ละข้อมูลจุดจากสมการ $d_{ij} = \|P_j - P_i\|$ โดยที่ $i \neq j$ และ $i, j = 1, 2, \dots, n$ ซึ่ง i, j คือ หมายเลขอันดับของข้อมูลจุดที่ถูกเลือกเข้ามาใช้ในการคำนวณในอัลกอริทึม ตัวอย่างดังรูปที่ ข.1 (b) ที่ $i=1$ คำนวณระยะทางระหว่างข้อมูลจุดเทียบกับข้อมูลจุดที่หมายเลขอันดับ $i=1$ ดังนั้นจะได้ระยะทางระหว่างข้อมูลจุด คือ d_{12} , d_{13} และ d_{14} และในทำนองเดียวกันสำหรับทุกค่า i และ j ซึ่งจะแสดงได้จากตารางข้อมูลดังรูปที่ ข.2 โดยที่ i จะเป็นแถว (Row) และ j จะเป็นสดมภ์ (Column) จากตารางถ้าระยะทางของข้อมูลจุดที่แถวที่ i และสดมภ์ที่ j มีค่าน้อยกว่าค่า ρ จะใช้ตัวอักษร T แสดงว่าเงื่อนไขในการคัดแยกข้อมูลเป็นจริง ซึ่งจากข้อมูลจุดดังจะแสดงได้ตามตารางดังรูปที่ ข.2

	1	2	3	4
1		T	T	
2	T		T	T
3	T	T		T
4		T	T	

รูปที่ ข.2 ตารางการคัดแยกข้อมูลจุดเข้าสู่พาร์ติชันเดียวกัน

แต่ละแถว คือ แต่ละพาร์ติชันของข้อมูลจุดของผิววัตถุ (SM_i) จากโครงสร้างสี่ทอดสองระดับ นำข้อมูลในรูปที่ ข.2 จะได้ 4 พาร์ติชัน ดังนี้

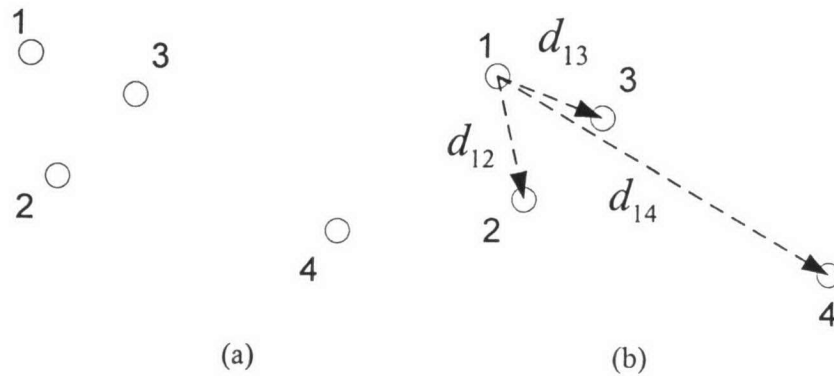
$SM_1 = \{1, 2, 3\}$, $SM_2 = \{1, 2, 3, 4\}$, $SM_3 = \{1, 2, 3, 4\}$, $SM_4 = \{2, 3, 4\}$ เนื่องจากแต่ละพาร์ติชันมีข้อมูลซ้ำกันนั้นแสดงว่าระยะทางระหว่างข้อมูลจุดของแต่ละพาร์ติชันมีค่าน้อยกว่าค่าจำกัดความยาว (ρ) ที่กำหนดไว้ ดังนั้นพาร์ติชันเหล่านั้นสามารถรวมกันเข้าสู่พาร์ติชันเดียวได้ นี่คือการสร้างสี่ทอดระดับที่หนึ่ง สำหรับการคัดแยกข้อมูลจุดของโครงสร้างระดับสองนั้นเพื่อนำไปสร้างผิวสามเหลี่ยม ดังนั้นระยะทางระหว่างข้อมูลจุดที่มีค่าน้อยกว่า ρ มีจำนวนมากกว่าหนึ่งข้อมูลจุด ซึ่งจะสามารถสร้างผิวสามเหลี่ยมได้ ถ้าข้อมูลจุดภายในโครงสร้างสี่ทอดระดับที่สองระยะทางระหว่างข้อมูลจุดที่ค่าน้อยกว่า ρ มีจำนวนเท่ากับหนึ่ง ดังนั้นภายในโครงสร้างสี่ทอดระดับที่สองจะมีการแยกออกเป็นพาร์ติชันย่อย ในรูปที่ ข.3 แสดงโครงสร้างสี่ทอดสองระดับจากข้อมูลจุดดังรูปที่ ข.1(a)



รูปที่ ข.3 โครงสร้างสี่ทอดสองระดับสำหรับการคัดแยกข้อมูลจุดเข้าสู่พาร์ติชันเดียวกัน

ข.2. แนวคิดการคัดแยกข้อมูลจุดเข้าสู่พาร์ติชันที่แตกต่างกัน

กำหนดให้ว่า ข้อมูลจุดของผิววัตถุ (Point Cloud) มี 4 จุด มีการกระจายตัวของข้อมูลจุดดังรูปที่ ข.4(a) และค่าจำกัดความยาวของระยะทาง คือ ρ



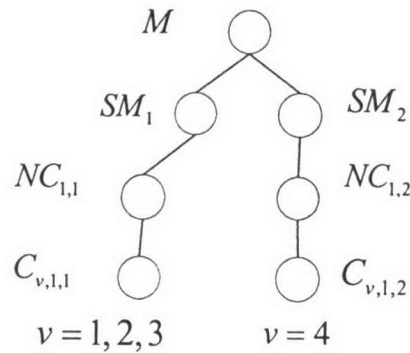
รูปที่ ข.4 ข้อมูลจุดสำหรับการคัดแยกเข้าสู่พาร์ติชันแตกต่างกัน

การคำนวณระยะทางระหว่างแต่ละข้อมูลจุดจากสมการ $d_{ij} = \|P_j - P_i\|$ โดยที่ $i \neq j$ และ $i, j = 1, 2, \dots, n$ ซึ่ง i, j คือ หมายเลขอันดับของข้อมูลจุดที่ถูกเลือกเข้ามาใช้ในการคำนวณในอัลกอริทึม ตัวอย่างดังรูปที่ ข.4 (b) ที่ $i=1$ คำนวณระยะทางระหว่างข้อมูลจุดเทียบกับข้อมูลจุดที่หมายเลขอันดับ $i=1$ ดังนั้นจะได้ระยะทางระหว่างข้อมูลจุด คือ d_{12} , d_{13} และ d_{14} และในทำนองเดียวกันสำหรับทุกค่า i และ j ซึ่งจะแสดงได้จากตารางข้อมูลดังรูปที่ ข.5 โดยที่ i จะเป็นแถว (Row) และ j จะเป็นสดมภ์ (Column) จากตารางถ้าระยะทางของข้อมูลจุดที่แถวที่ i และสดมภ์ที่ j มีค่าน้อยกว่าค่า ρ จะใช้ตัวอักษร T แสดงว่าเงื่อนไขในการคัดแยกข้อมูลเป็นจริง ซึ่งจากข้อมูลจุดดังรูปที่ ข.4 จะแสดงได้ตามตารางดังรูปที่ ข.5

	1	2	3	4
1		T	T	
2	T		T	
3	T	T		
4				

รูปที่ ข.5 ตารางการคัดแยกข้อมูลจุดเข้าสู่พาร์ติชันแตกต่างกัน

$SM_1 = \{1, 2, 3\}$, $SM_2 = \{1, 2, 3\}$, $SM_3 = \{1, 2, 3\}$, $SM_4 = \{4\}$ เนื่องจากมี 3 พาร์ติชันที่มีข้อมูลซ้ำกันนั้นแสดงว่าระยะทางระหว่างข้อมูลจุดของแต่ละพาร์ติชันมีค่าน้อยกว่าค่าจำกัดความยาว (ρ) ที่กำหนดไว้ และมี 1 พาร์ติชันที่ไม่มีข้อมูลจุดที่ซ้ำกันเลย ดังนั้นมี 3 พาร์ติชันสามารถรวมกันเข้าสู่พาร์ติชันเดียวได้ และมี 1 พาร์ติชันที่ต้องแยกออกมา ดังนั้นในรูปที่ ข.6 แสดงโครงสร้างสี่ทอดสองระดับจากข้อมูลจุดดังรูปที่ ข.4(a)



รูปที่ ข.6 โครงสร้างสี่ทอดสองระดับสำหรับการคัดแยกข้อมูลจุดเข้าสู่พาร์ติชันแตกต่างกัน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเกียรติศักดิ์ ศรีตระกูลชัย เกิดเมื่อวันที่ 12 มกราคม พ.ศ. 2516 ที่จังหวัด ระยอง สำเร็จหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากคณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปีการศึกษา 2538 และสำเร็จการศึกษา หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 และในปัจจุบันกำลังศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย